

DERWENT-ACC-NO: 1999-054476

DERWENT-WEEK: 199950

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Steel connecting rod manufacture for a reciprocating engine - contains elements to improve hardenability, and involves forging blank to shape, and quenching to promote martensitic transformation

PATENT-ASSIGNEE: DAIDO TOKUSHUKO KK[DAIZ] , HONDA MOTOR CO LTD[HOND]

PRIORITY-DATA: 1997JP-0114053 (May 1, 1997)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 10306317 A	November 17, 1998	N/A
012 C21D 008/06		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 10306317A	N/A	1997JP-0114053
May 1, 1997		

INT-CL (IPC): B21D053/84, C21D001/18 , C21D008/06 , C21D009/00 , C22C038/00 , C22C038/54 , C22C038/60 , F16C007/02

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 10306317A

BASIC-ABSTRACT:

Steel contains 0.04-0.015wt.% C and 0.08-0.50 wt.% of Si, and 3.0 wt.% or less Mn, 3 wt.% or less Cr, 4 wt.% or less Ni, 1 wt.% or less Cu, 3 wt.% or less Mo, 0.5 wt.% or less W, 0.5 wt.% or less Ta. 0.3 wt.% or less Va, 0.08 wt.% or less Nb and 0.01 wt.% or less B are included as hardenability improvement elements.

The manganese equivalence (Mneq) which shows the hardenability is expressed by the formulae  $3.4 \leq Mneq \leq 6.0$ ,  $Mneq = Mn\% + Cr\% + Ni\% / 2 + Cu\% + Mo\% + W\% + - Ta\% + Va\% + 10(Nb\% - 0.02) + XB$  where  $XB = 1.0$  when 0.0005-0.01 wt.% of B is contained.

The steel is used in the form of a bar after softening heat treatment of annealing after being rolled. Plastic working such as forge and roll process or a cutting process are performed by cold working and subsequently the bar is heated as a blank for a forge to above Ac<sub>3</sub> transformation temperature. It is forged to shape at 550-950degC. It is water or oil quenched to promote martensitic transformation.

ADVANTAGE - Has excellent workability for cold plastic preforming and warm forging property, even when forming closed flanges.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.0/12

TITLE-TERMS: STEEL CONNECT ROD MANUFACTURE RECIPROCAL ENGINE CONTAIN ELEMENT

IMPROVE HARDEN FORGE BLANK SHAPE QUENCH PROMOTE  
MARTENSITE TRANSFORM

DERWENT-CLASS: M24 M27 P52 Q62

CPI-CODES: M24-D01B; M24-D02; M27-A04; M27-A04C; M27-A04M; M27-A04N; M27-A04S; M27-B04; M27-B04C; M27-B04M; M27-B04N; M27-B04S;

UNLINKED-DERWENT-REGISTRY-NUMBERS: 1666U; 1668U ; 1669U

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1999-016663

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1999-041048

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-306317

(43)公開日 平成10年(1998)11月17日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

C 21 D 8/06

C 21 D 8/06

A

B 21 D 53/84

B 21 D 53/84

Z

C 21 D 1/18

C 21 D 1/18

Z

9/00

9/00

A

C 22 C 38/00

3 0 1

C 22 C 38/00

3 0 1 Y

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平9-114053

(71)出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(22)出願日

平成9年(1997)5月1日

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 吉田 広明

愛知県東海市加木屋町南鹿持1-6 大池  
南荘S棟302号

(72)発明者 五十川 幸宏

愛知県稻沢市朝府町7番2-802号

(74)代理人 弁理士 小塩 豊

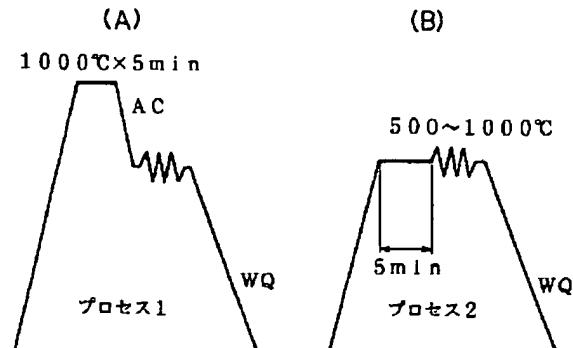
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 コネクティングロッドの製造方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 高強度かつ高精度のコネクティングロッドを製造する。

【解決手段】 重量%で、C: 0.04~0.15%、Si: 0.08~0.50%を含み、さらに焼き入れ性向上元素として、Mn: 3.0%以下、Cr: 3.0%以下、Ni: 4.0%以下、Cu: 1.0%以下、Mo: 3.0%以下、W: 0.5%以下、Ta: 0.5%以下、V: 0.3%以下、Nb: 0.08%以下、B: 0.01%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を含み、残部Feおよび不純物からなる鋼を素材とし、焼き純し等の軟化熱処理をした状態の棒材を用いてアリフォーム加工を行い、次いで鍛造用ブランクとしていったんAC点温度以上に加熱し、550~950°Cの温度範囲でコネクティングロッド形状に鍛造加工を行い、しかる後、水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行ってマルテンサイト化する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、C:0.04~0.15%、Si:0.08~0.50%を含み、さらに焼き入れ性向上元素として、Mn:3.0%以下、Cr:3.0%以下、Ni:4.0%以下、Cu:1.0%以下、Mo:3.0%以下、W:0.5%以下、Ta:0.5%以下、V:0.3%以下、Nb:0.08%以下、B:0.01%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を下記の式で表わされる焼き入れ性を示すマンガン当量(Mn<sub>eq</sub>)

$$3.4 \leq M_{neq} \leq 6.0$$

$$M_{neq} = Mn(\%) + Cr(\%) + Ni(\%) / 2 + Cu(\%) + Mo(\%) + W(\%) + Ta(\%) + V(\%) + 10(Nb(\%) - 0.02) + XB$$

(但し、Bが0.0005%以上0.01%以下含まれる場合にはXB=1.0)の範囲で含み、残部Feおよび不純物からなる鋼を素材とし、圧延状態のまま、あるいは、焼き鈍し等の軟化熱処理をした状態の棒材を用いて、あらかじめ冷間で鍛造やロール加工等の塑性加工、あるいは、切削加工によりプリフォーム加工を行い、次いで鍛造用ブランクとしていったんAc<sub>3</sub>点温度以上に加熱し、550~950°Cの温度範囲でコネクティングロッド形状に鍛造加工を行い、しかし後、水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行ってマルテンサイト化することを特徴とする高強度・高精度コネクティングロッドの製造方法。

【請求項2】 鋼中に、窒化物形成元素として、Al:0.1%以下、Ti:0.1%以下のうちから選ばれる1種または2種を含むことを特徴とする請求項1に記載の高強度・高精度コネクティングロッドの製造方法。

【請求項3】 鋼中に、被削性向上元素として、S:0.3%以下、Pb:0.3%以下、Bi:0.15%以下、Te:0.1%以下、Ca:0.05%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の高強度・高精度コネクティングロッドの製造方法。

【請求項4】 水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行った後に200~600°Cの温度範囲で1分間以上の時効処理を行うことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の高強度・高精度コネクティングロッドの製造方法。

【請求項5】 水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行った後にショットビーニング処理を行うことを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の高強度・高精度コネクティングロッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レシプロエンジンにおいてピストンとクランクシャフトとを連結するのに利用されるコネクティングロッドを高強度・高精度のも

2

のとして製造するのに適した高強度・高精度コネクティングロッドの製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、コネクティングロッドの製造に際しては、一般的に、バリ出し法による熱間鍛造が採用されている。

【0003】しかしながら、このようなバリ出し法による熱間鍛造では、十分な精度を確保することが難しく、また、材料歩留りがかなり悪いという欠点がある。

10 【0004】近年、コネクティングロッドの高精度化をはかるために、バリを発生させない閉塞鍛造法が実用化されるに至っているが、この閉塞鍛造法では鍛造荷重がかなり大きくなってしまうことが欠点である。

【0005】また、より精度を高めるためには、鍛造前に冷間プリフォームを行って高精度なブランクを用いるようにしたり、鍛造温度をより低くするようにしたりする等の試みがなされている。

20 【0006】このような精密度の高いコネクティングロッドに対して、軽量化のために、強度が1100MPaを超えるような高強度化を考えた場合、従来のようなフェライト+パーライト鋼では十分に対応することができず、また、焼き入れ一焼きもどしを行う強韌鋼では、熱処理時の反りや、歪み、割れ等によって、高い精度を確保することができ難いという問題点があった。

【0007】したがって、高強度でかつ高精度なコネクティングロッドの製造を可能とするためには、冷間プリフォーム性(冷間鍛造性)が良好で、かつまた、閉塞鍛造時の温間鍛造性に優れ、しかも、温間鍛造後の比較的低い温度から焼き入れを行うことができるような材料が必要となってくるという課題があった。

## 【0008】

【発明の目的】本発明は、このような従来の課題にかんがみてなされたものであって、冷間プリフォーム性(冷間鍛造性等の冷間塑性加工性)が良好で、かつまた、閉塞鍛造時の温間鍛造性に優れ、しかも、温間鍛造後の比較的低い温度から焼き入れを行うことができる鋼を素材として、高強度でかつ高精度のコネクティングロッドを製造することができるよう目的としている。

## 40 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係わるコネクティングロッドの製造方法は、請求項1に記載しているように、重量%で、C:0.04~0.15%、Si:0.08~0.50%を含み、さらに焼き入れ性向上元素として、Mn:3.0%以下、Cr:3.0%以下、Ni:4.0%以下、Cu:1.0%以下、Mo:3.0%以下、W:0.5%以下、Ta:0.5%以下、V:0.3%以下、Nb:0.08%以下、B:0.01%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を下記の式で表わされる焼き入れ性を示すマンガン当量(Mn

eq)

3. 4 ≤ Mn eq ≤ 6. 0

$$Mn_{eq} = Mn(\%) + Cr(\%) + Ni(\%) / 2 + Cu(\%) + Mo(\%) + W(\%) + Ta(\%) + V(\%) + 10(Nb(\%) - 0.02) + XB$$

(但し、Bが0.0005%以上0.01%以下含まれる場合にはXB=1.0)の範囲で含み、残部Feおよび不純物からなる鋼を素材とし、圧延状態のまま、あるいは、焼き鈍し等の軟化熱処理をした状態の棒材を用いて、あらかじめ冷間で鍛造やロール加工等の塑性加工、あるいは、切削加工によりプリフォーム加工を行い、次いで鍛造用ブランクとしていたんAC<sub>3</sub>点温度以上に加熱し、550～950°Cの温度範囲でコネクティングロッド形状に鍛造加工を行い、かかる後、水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行ってマルテンサイト化するようにならざることを特徴としている。

【0010】そして、本発明に係わるコネクティングロッドの製造方法の実施態様においては、請求項2に記載しているように、鋼中に、窒化物形成元素として、A: 1:0.1%以下、Ti: 0.1%以下のうちから選ばれる1種または2種を含むものとすることができます。

【0011】同じく、本発明に係わるコネクティングロッドの製造方法の実施態様においては、請求項3に記載しているように、鋼中に、被削性向上元素として、S: 0.3%以下、Pb: 0.3%以下、Bi: 0.15%以下、Te: 0.1%以下、Ca: 0.05%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を含むものとすることができます。

【0012】同じく、本発明に係わるコネクティングロッドの製造方法の実施態様においては、請求項4に記載しているように、水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行った後に200～600°Cの温度範囲で1分間以上の時効処理を行うようにすることができます。

【0013】同じく、本発明に係わるコネクティングロッドの製造方法の実施態様においては、請求項5に記載しているように、水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行った後にショットピーニング処理を行うようにすることもできる。

【0014】

【発明の作用】次に、本発明に係わるコネクティングロッドの製造方法において適用される鋼の化学成分組成(重量%)の限定理由について説明する。

【0015】C: Cはこの含有量によってマルテンサイト硬さが決定するものであり、また、準安定オーステナイト時の変形抵抗を上げる作用がある。したがって、Cの含有量を0.04～0.15%の範囲とすることによって、準安定オーステナイト時の変形抵抗が低く、かつまた、1100～1600 MPa程度の強度を確保することが可能となる。

【0016】Si: Siは鋼の焼き入れ性を高める元素

であるが、同時に、変形抵抗、とりわけ、冷間における変形抵抗を増加するので、Siの含有量は0.08～0.50%の範囲とした。

【0017】Mn: Mnは鋼の焼き入れ性を高める元素であるが、Siと同様に、変形抵抗を増加する元素でもある。したがって、Mnの含有量の上限を定めることとし、3.0%以下とした。

【0018】Cr: Crは鋼の焼き入れ性を高める元素であり、また、焼きもどし時に炭化物を析出させて焼きもどし軟化抵抗を高める元素である。ただし、Crは一次炭化物を生成しやすく、鍛造時の変形能を低下させるため、3.0%以下とした。

【0019】Ni, Cu: NiおよびCuは変形抵抗を上げることなく鋼の焼き入れ性を高める元素であるが、多量に含有させても、その作用が飽和するため、Niについては4.0%以下、Cuについては1.0%以下とした。

【0020】Mo, W, Ta: Mo, W, Taは鋼の焼き入れ性を高める元素であり、かつまた、焼きもどし軟化抵抗を高める元素である。ただし、Crと同様に、鍛造時の変形能を低下する作用が働くため、Moについては3.0%以下、Wについては0.5%以下、Taについては0.5%以下とした。

【0021】V: Vは0.3%以下の含有量とすることで鋼の焼き入れ性を高めるのに有効な元素であるので、0.3%以下とした。

【0022】Nb: Nbは鋼の焼き入れ性を高めるのに有効な元素であるが、固溶度がかなり小さいため、その上限を0.08%とした。

【0023】B: Bは極く少量の含有で鋼の焼き入れ性を著しく高める作用があり、より望ましくは0.005%以上とする。しかし、含有量が多すぎるとかえって焼き入れ性を低下させてしまうため、0.01%以下とした。

【0024】Al: AlはNと結合して安定な窒化物を形成して結晶粒の粗大化を防止することにより良好な韌性を確保する作用がある。しかし、含有量が多くなると鍛造性を低下させるため0.1%以下とした。

【0025】Ti: TiもAlと同様に安定な窒化物を形成して結晶粒の粗大化を防止することにより良好な韌性を確保する作用がある。また、Bを添加したときにBNとなるのを防ぐ作用がある。しかし、含有量が多くなると鍛造性を低下させるため0.1%以下とした。

【0026】S, Pb, Bi, Te, Ca: S, Pb, Bi, Te, Caは鋼の被削性を高める作用があるが、鍛造性を阻害する元素でもあるので、含有させるとても、Sについては0.3%以下、Pbについては0.3%以下、Biについては0.15%以下、Teについては0.1%以下、Caについては0.05%以下とした。

【0027】Fe: Feは鋼の基本成分であるので残部

とした。

【0028】Mn<sub>eq</sub>：鋼の焼き入れ性を示すマンガン当量 (Mn<sub>eq</sub>) は、

$$Mn_{eq} = Mn (\%) + Cr (\%) + Ni (\%) / 2 + Cu (\%) + Mo (\%) + W (\%) + Ta (\%) + V (\%) + 10 (Nb (\%) - 0.02) + XB$$

(但し、Bが0.0005%以上0.01%以下含まれる場合にはXB=1.0) で算出されるが、このMn<sub>eq</sub>が3.4以上であるときに、安定した鍛造焼き入れが可能となるので、Mn<sub>eq</sub>は3.4以上とした。他方、Mn<sub>eq</sub>が6.0以下であるときに、優れた鍛造性、とりわけ、優れた変形能を示し、Mn<sub>eq</sub>を6.0以下とすることによって良好な冷間プリフォーム加工性を得ることが可能になるので、Mn<sub>eq</sub>を6.0以下とした。

【0029】このような化学成分組成を有する本発明が適用される鋼は、冷間プリフォーム加工性（冷間鍛造性等の冷間塑性加工性）が良好で、かつまた、閉塞鍛造時の温間鍛造性に優れ、しかも、温間鍛造後の比較的低い

温度から焼き入れを行うことができるものである。  
【0030】本発明のコネクティングロッドの製造方法では、上記したような化学成分組成を有する鋼を素材とし、圧延状態のまま、あるいは、焼き鈍し等の軟化熱処理をした状態の棒材を用いて、あらかじめ冷間で鍛造やロール加工等の塑性加工、あるいは、切削加工によりプリフォーム加工を行い、次いで鍛造用ブランクとしていたんA<sub>c3</sub>点温度以上に加熱し、550～950℃の温度範囲でコネクティングロッド形状に鍛造加工を行

い、しかる後、水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行

ってマルテンサイト化するようにしているが、以下、さ

らに詳細に説明する。なお、以下の説明においては、表1、表2および表3に示す化学成分組成およびマンガン当量 (Mn<sub>eq</sub>) を有する鋼を用いて図3ないし図10に示す各種特性を調べた結果に基づいて説明する。

【0031】

【表1】

鋼種	化学成分(重量%)								マンガン当量 (Mn eq)	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B	
A0.	0.40.	2.22.	0.0140.	0.151.	0.00.	0.020.	0.020.	0.020.	0.025	4.0
B0.	0.60.	2.01.	5.0.	0.0130.	0.0120.	5.0.	0.020.	0.03	-	-
C0.	0.60.	1.81.	5.0.	0.0110.	0.0130.	5.0.	0.030.	0.2	-	-
D0.	0.60.	2.31.	5.0.	0.0110.	0.0110.	6.0.	0.020.	0.020.	0.010.	0.021
E0.	0.60.	2.11.	5.0.	0.0130.	0.0181.	0.00.	0.020.	0.020.	0.010.	0.025
F0.	0.60.	2.01.	5.0.	0.0140.	0.0131.	0.00.	0.030.	0.5	0.0020.	0.023
G0.	0.60.	2.01.	5.0.	0.0130.	0.0151.	2.1.	0.610.	0.010.	0.0030.	0.025
										4.5

【0032】

\* \* 【表2】

鋼 種	化学成分(重量%)										マンガン当量 (Mn eq)
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B	Ti	
H	0. 06	0. 21	2. 0	0. 013	0. 013	1. 2	1. 62	0. 01	0. 002	0. 024	5. 0
I	0. 06	0. 22	2. 5	0. 012	0. 013	1. 2	1. 60	0. 01	0. 002	0. 023	5. 5
J	0. 06	0. 25	2. 5	0. 013	0. 014	1. 5	0. 02	1. 0	0. 002	0. 023	6. 0
K	0. 06	0. 25	3. 0	0. 013	0. 014	1. 5	0. 02	1. 0	0. 002	0. 023	6. 5
L	0. 11	0. 19	2. 0	0. 014	0. 013	1. 0	0. 03	0. 01	0. 002	0. 022	4. 0
M	0. 15	0. 21	2. 0	0. 013	0. 012	1. 0	0. 04	0. 03	0. 002	0. 024	4. 0
N	0. 20	0. 22	2. 0	0. 011	0. 012	1. 0	0. 02	0. 02	0. 003	0. 023	4. 0

【0033】

20

【表3】

11

12

鋼種	化学成分(重量%)										マンガン当量 (Mn eq)
	C	Si	Mn	P	S	Cr	B	Ti	Bi	Te	Ca
O0.060.222.00.0140.0501.00.0010.025 - 0.006 - 4.0	0.060.222.00.0140.0501.00.0010.025 - 0.006 - 4.0	0.060.202.00.0130.0521.00.0020.0220.100.006 - 4.0	0.060.182.00.0110.0551.00.0020.0230.10 - 0.004 4.0								

【0034】通常の場合、準安定(500°C以上)オーステナイトを含め、加工硬化された未再結晶オーステナイトから焼き入れを行う場合、拡散変態であるフェライト、パーライト、ベイナイトの生成が著しく促進されるため、焼き入れ性は大幅に低下する。

【0035】従って、本発明のごとく低い温度からの鍛造焼き入れを行うためには、十分な焼き入れ性が確保されていなければならない。

【0036】逆に、十分な焼き入れ性が確保されれば、加工硬化オーステナイトから焼き入れることによって、かなり高い強度を得ることができるようになる。

【0037】準安定オーステナイトを鍛造加工する場合には、主に、C含有量に比例して変形抵抗は大きくなる。これは、オーステナイト中にCが固溶するためである。

【0038】そして、このときの変形抵抗は、同じ温度でありながら、直接鍛造温度に加熱した直後に加工を加えるような場合(通常の方法の場合)よりもかなり大きい値となる。なぜなら、通常の方法では、柔らかいフェライトの状態で鍛造されるためである。

【0039】本発明が適用される上記化学成分組成になる鋼は、焼き鈍し等により軟化させにくい成分系でありながら、C含有量を低く抑えることによって、逆に変形抵抗を小さくすることを可能にした。これは、Cの固溶量が少ないオーステナイト域で鍛造できるためである。

【0040】コネクティングロッドの精度を高めるためには、事前に行うプリフォーム加工において、いかにI(アイ)セクション部(桿部)を細く加工するかにかかっている。

【0041】この場合のプリフォーム加工には、鍛造加工、ロール加工、スピニング加工などの塑性加工や、切削加工等が考えられるが、実際の製造を考慮した場合には、切削加工よりも塑性加工の方がより好ましいといえる。そして、より高精度に加工するためには、冷間加工とすることが望ましい。

【0042】したがって、プリフォーム加工前の段階では、硬さが低く、また、変形能が十分に高いことが要求される。

【0043】そのためには、圧延後の組織がフェライト主体、あるいは、ベイナイト主体の組織にすることが望ましいが、上記した焼き入れ性の問題があるため、ベイナイト主体の組織となるようにすれば良いといえる。

【0044】そして、マンガン当量(Mn eq)の上限を6.0とすることによって、極低Cベイナイト主体の組織を得ることができ、良好な冷間鍛造性を得ることが可能となる。因みに、極低Cベイナイトは非常に延性に富んだ組織であることはよく知られている。

【0045】次に、鍛造後の焼き入れ性について述べる。

【0046】本発明のごとく、いったんAc<sub>3</sub>変態点温度以上(例えば、850°C以上)に加熱した後、準安定オーステナイト領域付近である550~950°Cの温度範囲で鍛造等の塑性加工をしたのち連続して焼き入れを行う場合(図1(A)に示すプロセス1の場合)には、図2に示すように、拡散的に析出変態するフェライトのノーズが大きく左側に寄ってくる。

【0047】そこで、安定した焼き入れ性を実現させるには、フェライト変態、あるいは、パーライトやベイナイト変態を遅らせるために、焼き入れ性向上元素であるMn、Cr等を多量に含有させなければならない。そこで、これらの総量をマンガン当量(Mn eq)で表わして、本発明では3.4以上と規定した。

【0048】図3はマンガン当量(Mn eq)と鍛造焼き入れ後の硬さ(HV)との関係を示し、また、図4は、鍛造温度と引張り強さとの関係を示したものであ

る。この図3より明らかであるように、マンガン当量 ( $M_{neq}$ ) が3.4以上の場合、安定した鍛造焼入れが可能となる。また、図4より明らかであるように、550~950°Cの温度範囲で鍛造等の塑性加工をすることによって、焼き入れのみの状態（プロセス2の場合）よりも高い強度が得られるようになる。これは、加工熱処理のひとつであるオースフォーミングと同じプロセスを用いているためである。

【0049】図5は鍛造焼入れ後に100~700°Cの温度範囲で時効処理を行ったときの時効温度と強度との関係を示したものであるが、鍛造焼入れ後に100~700°Cの温度範囲、より望ましくは、200~600°Cの温度範囲で1分間以上の時効処理を行うことによって、強度、とりわけ、降伏強度が、鍛造を行わずに焼き入れ-時効処理したものの方が高くなり、優位性が現れる。

【0050】次に、鍛造性について述べる。

【0051】図1の(A) (B) にそれぞれ示したプロセス1とプロセス2の鍛造時の変形抵抗を図6に示す。

【0052】図6より明らかであるように、プロセス1における変形抵抗は、プロセス2における変形抵抗よりも低いものとなっている。そして、極低Cで、しかも、 $M_{neq}$ が3.4以上であるような材料では、焼き鈍し後の組織であるフェライト+ベイナイト+微細なセメントタイトよりも、C固溶量の少ないオーステナイトの方が柔らかいため、プロセス1の鍛造時の変形抵抗の方が低いものとなる。また、焼き鈍しのような軟化熱処理によって硬さが低下しにくいことも大きく関係している。

【0053】図7はC含有量と変形抵抗との関係を調べ\*

\*た結果を示すものであって、低温γの変形抵抗はC含有量の影響が最も大きく、図7はその結果をよく反映している。そして、基本的に温間鍛造(γ領域)に適した材料は、本発明で適用される鋼のごとく低C含有鋼であることが望ましい。

【0054】図8は低温焼き鈍し(680°C×2h/A C)後のマンガン当量 ( $M_{neq}$ ) と冷間での変形抵抗、および、限界圧縮率との関係を調べた結果を示すものである。このとき、圧延後の組織が、フェライト、あるいは、ベイナイト主体となる条件、すなわち、マンガン当量 ( $M_{neq}$ ) が6.0以下であれば、優れた鍛造性、とりわけ、優れた変形能を示す。

【0055】したがって、マンガン当量 ( $M_{neq}$ ) の上限を6.0とすることによって、優れた冷間プリフォーム性を得ることが可能となる。逆に、マンガン当量 ( $M_{neq}$ ) が6.0を超えるような場合、かなり長い軟化処理を行うことで改善されるが、コスト的な面からは好ましくない。

【0056】図9は快削成分を含有した鋼について鍛造温度と引張り強さとの関係を調べた結果を示すものであり、また、図10は快削成分を含有した鋼について限界圧縮率を調べた結果を示すものであるが、快削成分を含有する場合であっても、良好なる鍛造-焼き入れ後の強度と、優れた冷間鍛造性とが確保されている。

【0057】

【実施例】この実施例では、表4に示す化学成分組成の鋼を素材とした。

【0058】

【表4】

鋼種	化学成分(重量%)										マンガン当量 ( $M_{neq}$ )
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B	Ti	
B	0.06	0.20	1.5	0.013	0.012	0.5	0.02	0.03	-	-	2.0
F	0.06	0.20	1.5	0.014	0.013	1.00	0.03	0.5	0.002	0.023	4.0

【0059】そして、圧延状態のままの素材から、切断することによって、図11(A)に示すような棒材111を用意したのち、塑性加工としてスエージング加工(冷間プリフォーム加工)を行うことにより、図11(B)に示すような大端部対応部12aと桿部対応部12bと※50

※小端部対応部12cとを有する冷間プリフォーム加工成形体12を得た。

【0060】次いで、この冷間プリフォーム加工成形体12を鍛造用プランクとしていたんAc<sub>3</sub>点温度以上820°Cに加熱したのち、温度800°Cで温間(閉

塞) 錫造を行うことによって、図11 (C) に示すような大端部13aと桿部(I(アイ)セクション部)13bと小端部13cとを有するコネクティングロッド成形体13の形状に塑性加工を行い、その後、油冷による焼き入れ(錫造直後から焼き入れまでの経過時間は約20秒)を行うことによって、図11 (D) に示すような大端部14aと桿部(I(アイ)セクション部)14bと小端部14cとを有するコネクティングロッド14を得た。なお、錫造加工後の形状については、両鋼種とも著しく良好であった。

【0061】そして、各コネクティングロッドにおいて、図12に示す部位(A-A', B-B', C-C')での硬さを測定したところ、同じく図12に示す結果であった。

【0062】図12より明らかであるように、鋼種Fと鋼種Bとでは焼き入れ後の硬さが大きく異なっており、鋼種Bではマンガン当量(Mneq)が不足しているため焼き入れ後の組織はほぼ全てベイナイトとなっていて、硬さが低いものであった。

【0063】これに対して、鋼種Fでは安定した硬さ分布を示しており、組織的にも全てマルテンサイトとなっており、高強度でかつ高精度のコネクティングロッドを製造することが可能であった。

#### 【0064】

【発明の効果】本発明によるコネクティングロッドの製造方法では、重量%で、C: 0.04~0.15%、Si: 0.08~0.50%を含み、さらに焼き入れ性向上元素として、Mn: 3.0%以下、Cr: 3.0%以下、Ni: 4.0%以下、Cu: 1.0%以下、Mo: 3.0%以下、W: 0.5%以下、Ta: 0.5%以下、V: 0.3%以下、Nb: 0.08%以下、B: 0.01%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を下記の式で表わされる焼き入れ性を示すマンガン当量(Mneq)

$$3.4 \leq Mneq \leq 6.0$$

$Mneq = Mn(\%) + Cr(\%) + Ni(\%) / 2 + Cu(\%) + Mo(\%) + W(\%) + Ta(\%) + V(\%) + 10(Nb(\%) - 0.02) + XB$   
(但し、Bが0.0005%以上0.01%以下含まれる場合にはXB = 1.0) の範囲で含み、残部Feおよび不純物からなる鋼を素材とし、圧延状態のまま、あるいは、焼き鈍し等の軟化熱処理をした状態の棒材を用いて、あらかじめ冷間で錫造やロール加工等の塑性加工、あるいは、切削加工によりプリフォーム加工を行い、次いで錫造用ブランクとしていたんA点温度以上に加熱し、550~950°Cの温度範囲でコネクティングロッド形状に錫造加工を行い、かかる後、水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行ってマルテンサイト化するようにしたから、冷間プリフォーム性(冷間塑性加工性)が良好で、かつまた、閉塞錫造時の温間錫造性に優れ、

10

しかも、温間錫造後の比較的低い温度から焼き入れを行うことができる鋼を素材とすることが可能であり、高強度でかつ高精度のコネクティングロッドを製造することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0065】そして、請求項2に記載しているように、鋼中に、窒化物形成元素として、Al: 0.1%以下、Ti: 0.1%以下のうちから選ばれる1種または2種を含むものとすることによって、結晶粒が微細化された韌性にもより一層優れた高強度でかつ高精度のコネクティングロッドを製造することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

10

【0066】また、請求項3に記載しているように、鋼中に、被削性向上元素として、S: 0.3%以下、Pb: 0.3%以下、Bi: 0.15%以下、Te: 0.1%以下、Ca: 0.05%以下のうちから選ばれる1種または2種以上を含むものとすることによって、錫造時における素材の切削加工性をより一層向上することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

10

【0067】さらにまた、請求項4に記載しているように、水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行った後に200~600°Cの温度範囲で1分間以上の時効処理を行うようになすことによって、強度、とりわけ、降伏強度をさらに向上させたコネクティングロッドとすることが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

20

【0068】さらにまた、請求項5に記載しているように、水冷、あるいは、油冷等の焼き入れを行った後にショットビーニング処理を行うようになすことによって、強度、とりわけ、疲労強度により一層優れたコネクティングロッドとすることが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

20

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるコネクティングロッドの製造方法における基本プロセス(プロセス1)(図1の(A))および一般的なコネクティングロッドの製造方法における基本プロセス(プロセス2)(図1の(B))を示す説明図である。

30

【図2】 いったん850°C以上に加熱した後、準安定オーステナイト領域付近である550~950°Cの範囲で錫造し、連続して焼き入れを行った場合に、拡散的に析出変態するフェライトのノーズが大きく左側に寄ってくる様子を示す説明図である。

40

【図3】 マンガン当量(Mneq)と錫造焼き入れ後の硬さとの関係を調べた結果を例示するグラフである。

【図4】 錫造温度と引張り強さとの関係を調べた結果を例示するグラフである。

40

【図5】 錫造焼き入れ後に100~700°Cの温度範囲で時効処理したときの時効温度と強度との関係を調べた結果を例示するグラフである。

50

【図6】 錫造温度と変形抵抗との関係を調べた結果を例示するグラフである。

【図7】 C含有量と変形抵抗との関係を調べた結果を示すグラフである。

【図8】 低温焼き鈍し後のマンガン当量 ( $M_{neq}$ ) と変形抵抗および限界圧縮率との関係を調べた結果を例示するグラフである。

【図9】 快削成分を含有する鋼について鍛造温度と引張り強さとの関係を調べた結果を例示するグラフである。

【図10】 快削成分を含有する鋼について限界圧縮率を調べた結果を例示するグラフである。

【図11】 本発明の実施例におけるコネクティングロッドの製造工程を示す説明図である。

【図12】 本発明の実施例および比較例で得たコネクティングロッドの硬さの測定部位および測定結果を示す説明図である。

【符号の説明】

1 1 素材 (棒材)

1 2 冷間プリフォーム加工成形体

1 3 コネクティングロッド成形体

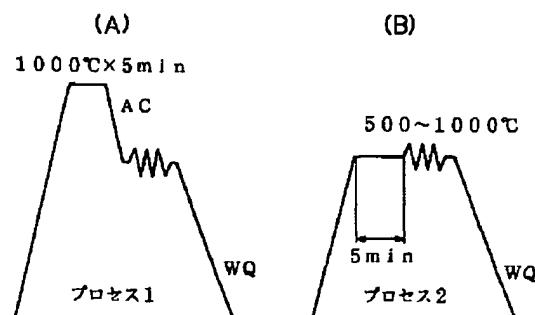
1 4 コネクティングロッド

1 4 a 大端部

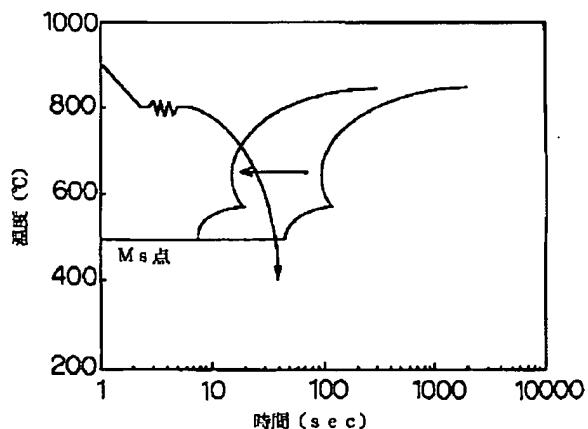
10 1 4 b 桿部 (I (アイ) セクション部)

1 4 c 小端部

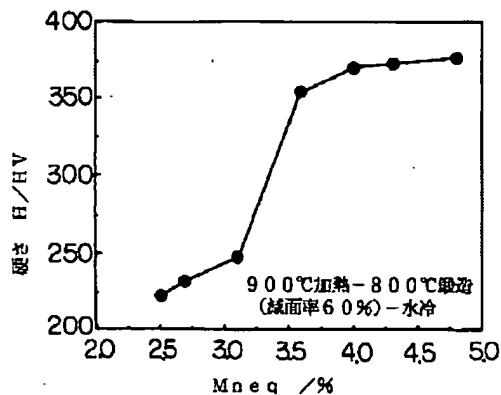
【図1】



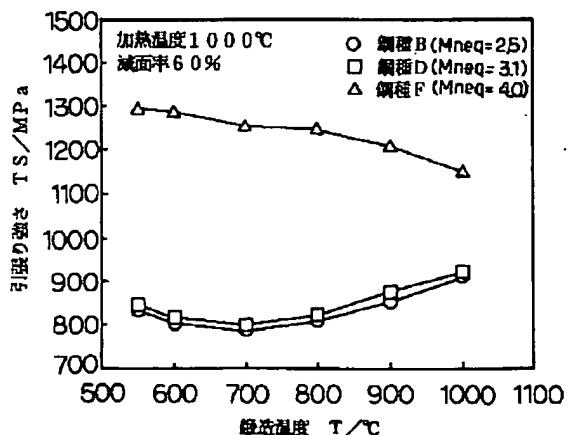
【図2】



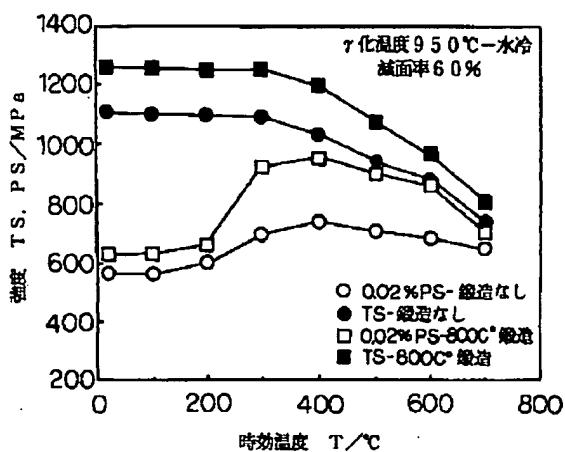
【図3】



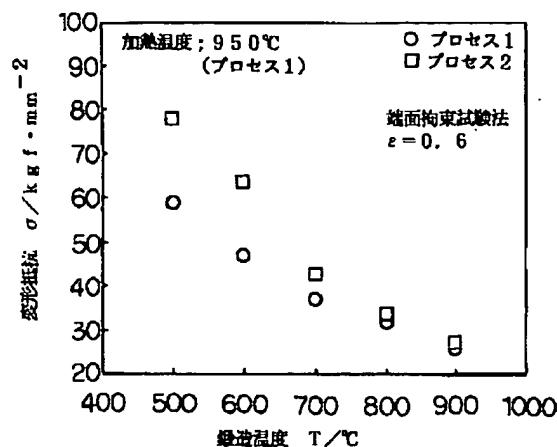
【図4】



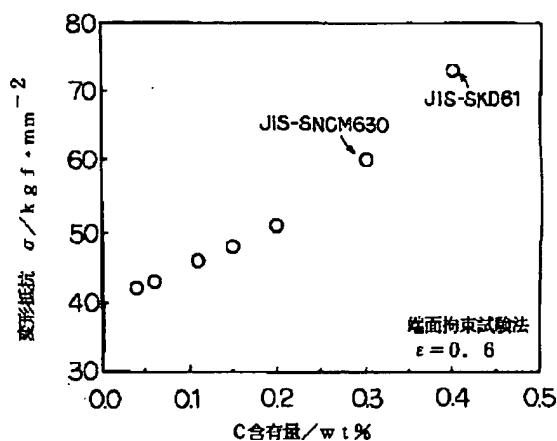
【図5】



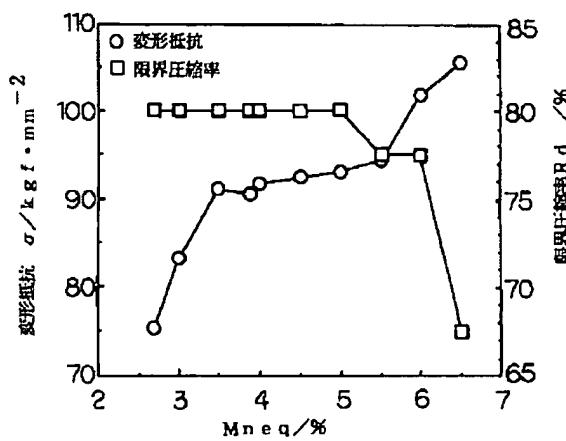
【図6】



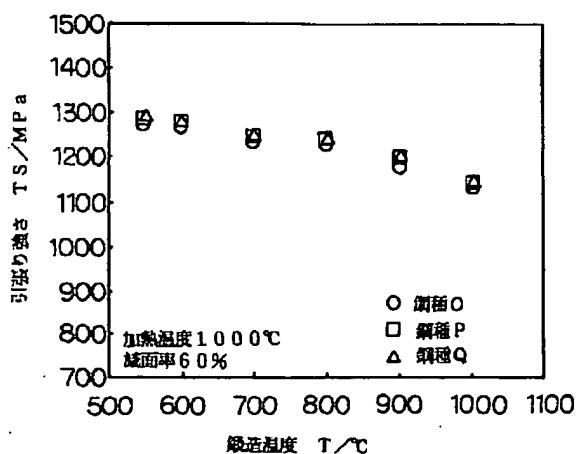
【図7】



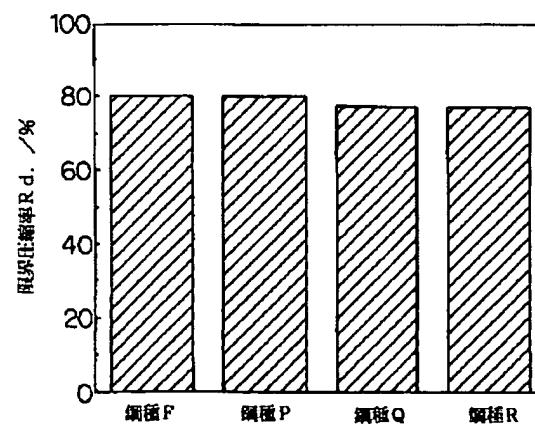
【図8】



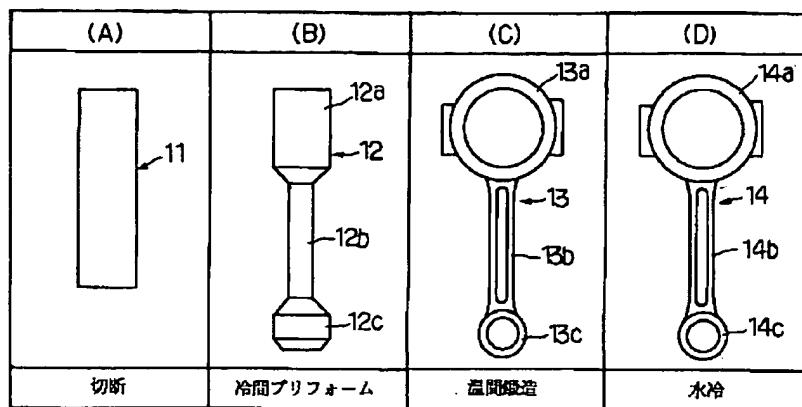
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

測定部位	ピッカース硬さ (HV)	
	鋼種F (発明例)	鋼種B (比較例)
A-A' 断面	397 396 395 394	253 264 254 269
B-B' 断面	395 390 393 389 401 394	252 261 256 259 248 250
C-C' 断面	396 399	259 263

フロントページの続き

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

C 22 C 38/54

38/60

F 16 C 7/02

識別記号

F I

C 22 C 38/54

38/60

F 16 C 7/02

(72) 発明者 水野孝樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内